

AD-A226 631

Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek



Instituut voor
Zintuigfysiologie TNO

Postbus 23
3769 ZG Soesterberg
Kampweg 5
3769 DE Soesterberg
Telefax 03463 - 5 39 77
Telefoon 03463 - 5 62 11



TNO-rapport

DTIC FILE COPY

IZF 1990 B-8

MENTALE REPRESENTATIE VAN RITMISCHE
PATRONEN

P.J.M.D. Essens

901613

11

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten TNO', dan wel de betreffende
terzake tussen partijen gesloten
overeenkomst

© TNO

Aantal bladzijden: 32

DTIC
ELECTE
SEP 14 1990
S E D

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;
Distribution Unlimited

90 09 13 195



INHOUD

Blz.

SAMENVATTING	5
SUMMARY	6
1 INLEIDING	7
1.1 Toonreeksen	7
1.2 Methodologie	8
2 INTERVALRATIO'S	9
2.1 Extrapolatie-hypothese	11
2.2 Opdelingshypothese	12
3 MENTALE TIJDSCHAAL	13
3.1 Metrisch versus Nonmetrisch	14
3.2 Meerdere tijdschalen	15
3.3 Klokmodel	16
3.3.1 Waargenomen accenten	17
3.3.2 Beste klok	17
3.3.3 Toetsing klokmodel	19
4 HIËRARCHISCHE ORGANISATIE	21
4.1 Hiërarchische structuren	21
4.2 Onderverdeling klokeenheid	24
4.3 Relatie tussen onderverdelingen	26
5 SLOTBESCHOUWING	29
REFERENTIES	31



Accession For	
NIS C&I	<input checked="" type="checkbox"/>
DTIC TAB	<input checked="" type="checkbox"/>
Unannounced	<input type="checkbox"/>
Justification	
By	
Distribution/	
Availability Codes	
Dist	Avail and/or Special
A-1	

Rapport nr.: IZF 1990 B-8
Titel: Mentale representatie van ritmische patronen
Auteur: Drs. P.J.M.D. Essens
Instituut: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO
Datum: juni 1990
HDO Opdrachtnummer: B87-31
Nummer in MLTP: 733.1

SAMENVATTING

De mentale representatie van ritmische patronen wordt bepaald door de relaties tussen de tijdintervallen in de patronen. Patronen met lange en korte tijdintervallen in een 2:1 verhouding worden nauwkeurig gerepresenteerd. Voor andere patronen geldt dat ze alleen goed gerepresenteerd kunnen worden als een mentale tijdschaal wordt gebruikt om de tijdintervallen in de toonreeks te organiseren. Een goed passende tijdschaal is een schaal die samenvalt met accenten in de toonreeks. In dit rapport wordt het onderzoek besproken met betrekking tot welke verdelingen van accenten goede tijdschalen oproepen en welke verhoudingen van de tijdintervallen daarmee gerepresenteerd kunnen worden.

Rep.No. IZF 1990 B-8

TNO Institute for Perception,
Soesterberg, The Netherlands

Mental representation of rhythmical patterns

P.J.M.D. Essens

SUMMARY

→ The mental representation of rhythmical patterns is determined by the relations between the time intervals in the patterns. Patterns with long and short time intervals related as 2:1, are represented accurately. Patterns containing time intervals with different relations can only be represented accurately if the tone sequence is organized with a mental time scale. A good time scale is a scale that matches with accents in the tone sequence. In this report the research is discussed concerning which accent distributions evoke good time scales and which time interval ratios can be represented within those time scales. *References: Essens*

1 INLEIDING

Het psychologisch probleem van de waarneming van ritme betreft de wijze waarop de luisteraar in staat is om in een stroom van voortdurende opeenvolging van veranderende tijdintervallen stabiele relaties te ontdekken. In het onderzoek van ritmewaarneming worden twee aspecten onderscheiden: de waarneming van periodiciteit en de waarneming van structuur (Fraisie, 1956). Periodiciteit of regelmaat betreft het regelmatig terugkeren in de tijd van bepaalde gebeurtenissen. Structuur verwijst naar de waarneming van relaties tussen de tijdstippen waarop de gebeurtenissen optreden. Welke structuren worden waargenomen wordt bepaald door de kenmerken van de tijdintervallen tussen de gebeurtenissen. Periodiciteit en structuur zijn met elkaar verbonden en hebben te maken met de wijze waarop we ritmische patronen mentaal opslaan. Doel van het ritmeonderzoek is inzicht te verkrijgen in wat nu precies de temporele karakteristieken in ritme zijn die de vorming van stabiele, accurate mentale representaties bepalen.

Onze benadering van het probleem richt zich op het beschrijven van organisatieprincipes die mensen gebruiken in verschillende situaties. Twee ontwikkelingen in het onderzoek naar die principes van organisatie van temporele patronen worden in dit hoofdstuk uitvoerig besproken. Eén ontwikkeling betreft het gebruik van de verhoudingen (ratio's) tussen tijdintervallen als basis voor een mentale beschrijving van een toonreeks (Essens & Povel, 1985; Fraisse, 1946, 1956). De tweede ontwikkeling betreft de metrische analyse van een toonreeks met behulp van een mentale tijdschaal (Essens, 1986; Essens & Povel, 1985; Povel, 1981; Povel & Essens, 1985).

1.1 Toonreeksen

Het meeste onderzoek naar de karakteristieken van ritme heeft betrekking op eenvoudige toonreeksen, met identieke tonen. Er is relatief weinig experimenteel onderzoek gedaan naar ritmewaarneming in de directe context van muziek, dit ondanks het feit dat ritme een fundamenteel element van muziek is (Gabrielson, 1974, 1982). De reden om eerst eenvoudige toonreeksen te bestuderen is dat nog te weinig experimentele kennis bestaat over de waarneming van ritme los van andere dimensies in muziek, zoals toonhoogte en timbre. Voordat het samenspel van ritme met die andere dimensies bestudeerd wordt, moet kennis ontwikkeld worden over de fundamenteen van ritmewaarneming.

Om inzicht te krijgen in de kwantitatieve aspecten van ritme werken we met eenvoudige toonreeksen. In deze toonreeksen zijn de tonen in alle opzichten gelijk (toonhoogte, luidheid, timbre en duur). We hebben dan te maken met pure temporele reeksen, waarin alleen de tijdintervallen tussen de inzetten van de tonen variëren. Deze reeksen noemen we temporele patronen. De toonreeksen zijn in muzikaal opzicht sterk vereenvoudigd, maar vertegenwoordigen ritmen die qua waarneming vergelijkbaar zijn met nageklapte ritmen uit de muziek.

1.2 Methodologie

Zoals gezegd, is het doel van het onderzoek inzicht te verkrijgen in de mentale representatie van de temporele patronen. Hoe ziet de "voorstelling in ons hoofd" er uit? Hoe is die voorstelling gestructureerd? Aangezien niet direct gemeten kan worden hoe die representatie eruit ziet ("black box"), kan slechts op indirecte wijze met behulp van experimenten inzicht verkregen worden over die interne representatie.

De methode die hierbij meestal gebruikt wordt is de reproductiemethode. De proefpersoon krijgt een toonreeks (stimulus) te horen, die hij of zij vervolgens zo precies mogelijk moet naticken (reproducen). De stimuli verschillen op aspecten waarvan het vermoeden bestaat dat ze belangrijk of bepalend zijn voor de mentale representatie. Door vergelijking van de kwaliteit van de reproductie van de verschillende stimuli, dat wil zeggen van de nauwkeurigheid waarmee de aangeboden stimulus nageikt wordt, hoopt men inzicht te verkrijgen in de eigenschappen van de mentale representatie. In het onderzoek dat hier besproken wordt, wordt ter bepaling van de nauwkeurigheid van reproductie de afwijking van de gereproduceerde reeks ten opzichte van de gepresenteerde toonreeks bekeken.

De experimenten zien er als volgt uit. De stimulus wordt cyclisch (d.w.z. repeterend, zonder pauze tussen de repetities) gepresenteerd door een luidspreker. De proefpersoon luistert naar elke stimulus, en "leert" de reeks door tijdens het luisteren mee te tikken met de stimulus. Vervolgens reproduceert de proefpersoon de stimulus door, eveneens op cyclische wijze, een aantal keren de toonreeks op een responsplaat met de vinger na te tikken. De intervallen tussen de tikken worden geregistreerd door een computer. De tik op de responsplaat produceert dezelfde toon als gebruikt in de stimulus. De

proefpersoon kan zo zijn eigen produkt en de stimulus goed vergelijken.

De toonreeksen worden hier afgebeeld als pure tijdreeksen, het gaat immers alleen om de intervallen tussen de beginpunten van tonen (tooninzetten). De tonen worden weergegeven als verticale lijntjes op een tijdas, zie diagram 1. Boven de streepjes staan in het voorbeeld de nummers van de tonen in de reeks. De omvang van één cyclus van de reeks is aangegeven met de pijlen. De reeks met negen tonen in dit voorbeeld wordt een keer herhaald. Als maar één cyclus getoond wordt, wordt de eerste toon van de tweede cyclus aangegeven met een "!", als in diagram 2. De kleinste afstand tussen de verticale lijntjes representeert het kleinste interval. Om de relatieve lengte van de intervallen zichtbaar te maken zijn de grotere afstanden tussen de lijntjes gevuld met puntjes.

<--één cyclus-->

toonnummer	1 2345 67 89 1	
toonreeks	(1)
	-----> tijd	

toonreeks!	(2)
duur (relatief)	2 112 21 4	

Soms is het niet mogelijk of ongemakkelijk om de relatieve lengte van de intervallen in de reeks met een tijdas zichtbaar te maken. We gebruiken dan ofwel de werkelijke duur van de intervallen in milliseconden (ms), bijv. 400 200 200 400 400 200 800, of we geven de relatieve duur van de intervallen aan in getallen, 2112214, zoals in diagram 2.

2 INTERVALRATIO'S

Van de twee ontwikkelingen in het onderzoek die we genoemd hebben, gaan we nu in op de mentale representatie van toonreeksen in termen van de verhoudingen tussen de intervallen in de toonreeksen.

Fraisse (1946) vond dat proefpersonen bij het natikken van toonreeksen systematisch afweken van de gepresenteerde stimulus. De afwijkingen komen neer op het verlengen of verkorten van de intervallen in de

reeks zodat twee klassen van intervallen ontstaan, lang en kort, globaal gerelateerd als 2:1. Deze 2:1 relatie werd ook gevonden in een frequentietelling van noten in een steekproef uit een vijftiental westerse muziekstukken. Gemiddeld 86% van de (1500) nootduren waren gerelateerd als 2:1 (Fraisse, 1956).

Ook in spontane produktie van toonreeksen vond Fraisse (1946) een "lang-kort" verhouding van 2:1. In een eigen experiment werden Fraisse's bevindingen gerepliceerd voor een groot aantal verschillende reeksen. In Fig. 1 zijn de resultaten te zien voor 12 proefpersonen (Essens & Povel, 1985). Opvallend was dat de 2:1 ratio niet werd beïnvloed door de tempoverschillen tussen de proefpersonen. Zowel langzaam als snel tikkende proefpersonen maakten een verhouding van 2:1.

De conclusie uit dit soort resultaten is dat er een natuurlijke mentale representatie van intervallen is, bestaande uit twee tijdcategorieën die gerelateerd zijn als 2:1, ongeacht de range van de intervallen. Intervallen die niet in die twee categorieën vallen, worden hieraan aangepast.

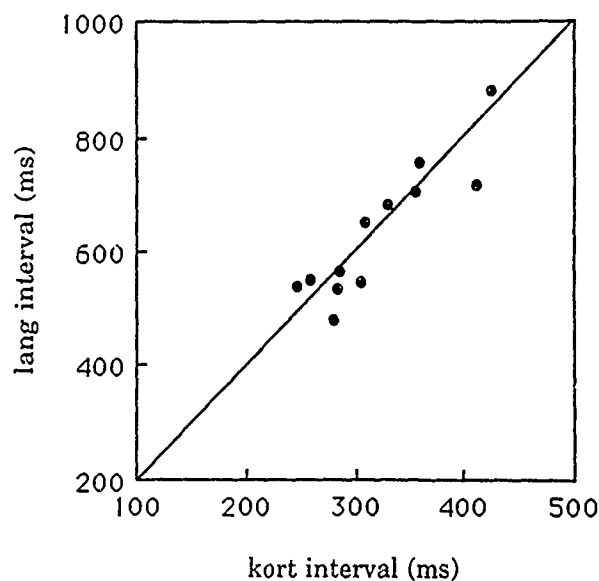


Fig. 1 Geproduceerde lange intervallen als een functie van de geproduceerde korte intervallen voor 12 proefpersonen.

2.1 Extrapolatie-hypothese

De stabiliteit van de 2:1 ratio voor verschillende tempi suggereert dat de relatie tussen de intervallen niet categoriaal is maar dat het korte interval gebruikt kan worden om het langere interval te coderen. Die relatie kan als volgt geformuleerd worden: bij de waarneming van de toonreeks wordt het korte interval gebruikt als een basiseenheid voor de representatie van de andere (langere) intervallen in de reeks, door te passen hoe vaak het korte interval past in het langere. Dit wordt de extrapolatie-hypothese genoemd. Als op die manier een reeks mentaal gespecificeerd kan worden, kunnen we verwachten dat reeksen waarin de lange intervallen veelvoudig zijn van het kortste interval nauwkeuriger gerepresenteerd en gereproduceerd kunnen worden, dan reeksen waarin dat niet het geval is.

Voorspeld wordt daarom dat toonreeksen met intervallen in de verhouding 2:1, 3:1 en 4:1 beter gereproduceerd zullen worden dan reeksen met intervalverhoudingen 2.5:1 en 3.5:1. In een experiment keken we naar de nauwkeurigheid van reproductie van die vijf verhoudingen. Een voorbeeld van een reeks (2:1) is 250 250 500 250 500 250 500. Fig. 2 toont de afwijkingen van de gereproduceerde lange en korte intervallen ten opzichte van de intervallen in de stimulus voor de verschillende ratiocondities.

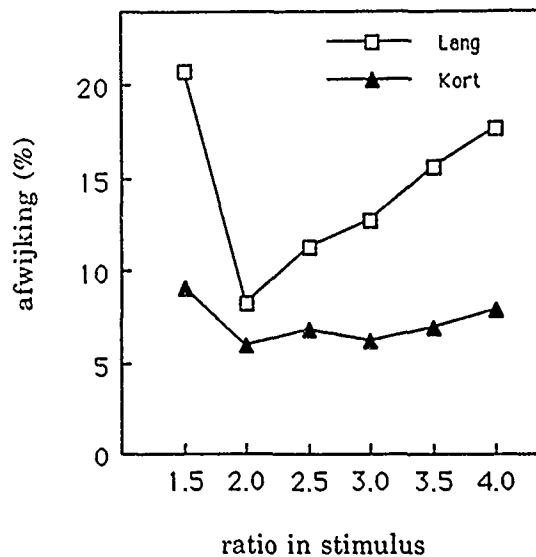


Fig. 2 Afwijkingen van de gereproduceerde lange en korte intervallen in procenten van de gepresenteerde intervallen in de zes ratiocondities.

Te zien is dat de nauwkeurigheid het grootste is bij de 2.0 ratio en afneemt bij de andere ratio's. De korte intervallen worden zeer stabiel gereproduceerd. De afwijking is met name te vinden in het lange interval. Als gevolg van de afwijkingen in de lange intervallen veranderen ook de lang-kort ratio's. De ratio's 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 en 4.0 worden respectievelijk gereproduceerd als 2.0, 2.1, 2.4, 2.7, 3.0, 3.2.

Samenvattend kunnen we stellen dat de resultaten van dit experiment geen ondersteuning geven aan het idee dat het kleinste interval in een toonreeks gebruikt wordt om de tijdstructuur van de toonreeks vast te leggen. Bij toonreeksen met andere intervalratio's dan 2:1 gaat in de mentale representatie gedetailleerde informatie over de relatieve lengte van de intervallen verloren. Waarom 2:1 verhoudingen zo adequate gerepresenteerd kunnen worden is nog niet geheel duidelijk.

2.2 Opdelingshypothese

Ondanks het empirische gegeven dat alleen reeksen met intervallen in een 2:1 verhouding goed werden gereproduceerd bleek het toch mogelijk te zijn om reeksen te construeren met 3:1 intervallen, die wel goed gereproduceerd werden. Gevonden werd dat een reeks met intervallen 250 250 750 ms perfect werd gereproduceerd, in tegenstelling tot de reeks met de intervallen 250 750 ms (Povel, 1981). Kenmerkend verschil tussen die twee reeksen is dat in de eerste reeks de korte intervallen samen even lang zijn als het lange interval (diagram 3). Een mogelijke verklaring voor de goede reproductie van de eerste reeks zou kunnen zijn dat het langere interval gebruikt wordt om de reeks in gelijke stukken te verdelen en de kortere intervallen te organiseren. In de tweede reeks is zo'n onderverdeling niet mogelijk (diagram 4).

Uit het voorgaande blijkt dat naast de 2:1 verhouding van lang-kort, ook andere factoren een rol spelen in de correcte representatie van temporele reeksen. In het extrapolatie-experiment hebben we gezien dat het kleinste interval niet gebruikt wordt om de langere te definiëren. Nu wordt het omgekeerde gesuggereerd, namelijk dat het langere interval gebruikt wordt om de kortere intervallen te organiseren. Op grond van deze observatie formuleerde Povel (1981) een model van de waarneming van temporele reeksen dat zegt dat de eerste stap in het waarnemingsproces bestaat uit het opdelen van de reeks in gelijke tijdeenheden die samenvallen met tonen van de reeks. De volgende stap bestaat

uit het verder specificeren van de intervallen die binnen een tijdeenheid vallen.

toonreeks	..!	(3)
tijdeenheden	i..i..i	

toonreeks	..!	(4)
tijdeenheden	i.i.i	

Dus de reeks 250 250 250 750 in diagram 3 kan worden verdeeld in twee tijdeenheden met lengte 750 waarbij de eerste tijdeenheid verder wordt onderverdeeld in drie gelijke delen van 250. De tijdeenheden vallen samen met de eerste en vierde toon van de toonreeks zoals aangegeven ("i" onder de reeks) in diagram 3. De toonreeks in diagram 4 kan ook verdeeld worden in gelijke tijdeenheden maar die eenheden vallen niet overal samen met tonen; deze reeks werd slecht gereproduceerd.

3 MENTALE TIJDSCHAAL

Het opdelen van een toonreeks in gelijke tijdeenheden kan gezien worden als het creëren van een mentale tijdschaal die gebruikt wordt om de temporele structuur van een toonreeks te specificeren. Het resultaat van dit proces is een zogenaamde metrische representatie van de temporele structuur. Als een mentale tijdschaal niet gegenereerd kan worden, moet de toonreeks op andere wijze gespecificeerd en gerepresenteerd worden (nonmetrisch).

Waarvan is het genereren van de tijdschaal afhankelijk? De belangrijkste factor betreft het verdelen van de reeks in gelijke delen die samenvallen met tonen in de reeks. Zo kan de reeks 250 250 500 verdeeld worden in twee delen waarvan het eerste deel bestaat uit 250 250 en het tweede uit 500. Bij deze reeks kan een tijdschaal gegenereerd worden met als tijdeenheid 500. De toonreeks 250 750 zou verdeeld kunnen worden in 500 500, deze verdeling is echter niet adequaat omdat die niet samenvalt met tonen in de reeks. Ook de opdeling van de reeks 200 200 200 200 600 in 700 700 is niet adequaat, omdat die tussen de tonen valt. Bij deze reeksen kan dus geen tijdschaal gebruikt worden om een metrische representatie te creëren. Reeksen waarbij geen tijdschaal gebruikt kan worden in de waarneming zullen minder nauwkeurig worden gerepresenteerd.

3.1 Metrisch versus Nonmetrisch

Gesteld is dat de metrische en nonmetrische specificaties van de toonreeksen verschillen in nauwkeurigheid van mentale representatie. Dit verschil moet dan ook terug te vinden zijn in de nauwkeurigheid van de reproductie van de toonreeksen. Indien een mentale tijdschaal gebruikt kan worden door de luisteraar, wordt de temporele reeks op adequate wijze gestructureerd en metrisch gerepresenteerd. De reproductie van die metrische representatie is nauwkeuriger dan indien de reeks niet metrisch interpreteerbaar is en op andere wijze wordt gerepresenteerd.

In een experiment hebben we de metrische en nonmetrische representatie met elkaar vergeleken (Essens & Povel, 1985). In diagram 5 en 6 zien we een viertal stimuli uit dit experiment.

	Nonmetrisch	Metrisch	
Ratio 2:1	<u> !</u>	<u> !</u> i...i...i...i...i	(5)
Ratio 3:1	<u> !</u>	<u>!</u> i...i...i...i...i	(6)

Twee sets van stimuli werden gevormd, waarin de intervalverhoudingen ofwel 2:1 of 3:1 waren (respectievelijk diagram 5 en 6). De toonreeksen in de Metrische conditie werden gevormd door de nonmetrische toonreeksen in te passen in reeksen waarin wel een tijdschaal mogelijk is. Onderstreept zijn de overeenkomstige delen in de metrische en nonmetrische situatie. Onder de metrische reeksen is een (theoretische) tijdschaal aangegeven die de reeks in vier gelijke delen verdeelt. Deze tijdschaal valt overal samen met de tonen uit de reeks.

Van de gereproduceerde reeksen werden die delen vergeleken die identiek zijn in beide condities. De kwaliteit van de reproductie werd bepaald door de afwijking te berekenen van de gereproduceerde intervallen ten opzichte van de stimulus (uitgedrukt in procenten). Zoals we in Fig. 3 zien heeft de Metrische conditie kleinere afwijkingen dan de Nonmetrische, maar dit verschil geldt alleen voor de 3:1 verhouding. De afwijkingsscores voor de reeksen met 2:1 ratio's verschillen nauwelijks tussen Metrisch en Nonmetrisch.

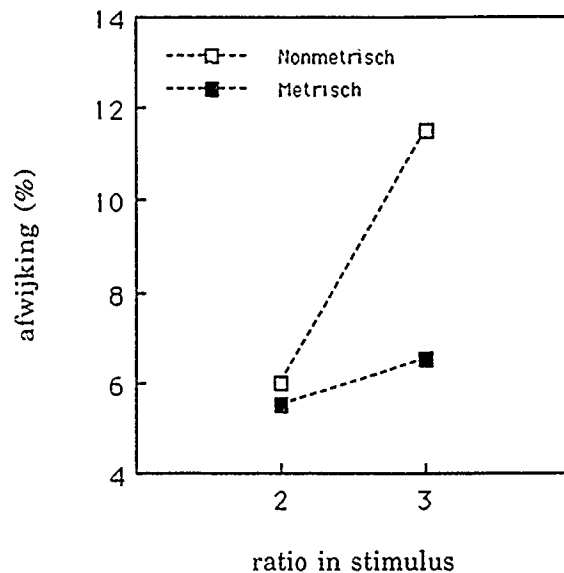


Fig. 3 Afwijkingen van de gereproduceerde intervallen in de Metrische en Nonmetrische conditie in procenten van de gepresenteerde intervallen voor de twee ratio condities (2:1, 3:1).

In dit experiment ging het ons erom te laten zien dat metrisch te structureren reeksen accurater gereproduceerd worden dan reeksen die niet als zodanig te structureren zijn. Deze tegenstelling geldt echter niet voor toonreeksen met alleen 2:1 intervalratio's. Deze worden in de Metrische en Nonmetrische conditie even nauwkeurig gereproduceerd.

Hieruit kunnen we concluderen dat de nauwkeurigheid van reproductie van metrisch geïnterpreteerde reeksen niet bepaald wordt door de intervalverhoudingen die in de reeks voorkomen. Daarentegen is de kwaliteit van de reproductie van de nonmetrische reeksen wel afhankelijk van welke intervalrelaties in de reeks voorkomen.

3.2 Meerdere tijdschalen

Eerder hebben we twee voorwaarden genoemd waaraan het vinden van een mentale tijdschaal moet voldoen: een reeks moet in gelijke tijdeenheden te verdelen zijn en de tijdschaal moet samenvallen met de tonen in de reeks. Er zijn echter toonreeksen waarbij, theoretisch gesproken, meerdere tijdschalen te vinden zijn die aan die voorwaarden voldoen.

In diagram 7 worden twee cycli van een toonreeks gepresenteerd, met daarbij twee mogelijke tijdschalen.

(7)

||||.||||.|-|.||||.|-|.|-|
 (a) i..i..i..i..i..i..i..i
 (b) i...i...i...i...i...i

De som van de relatieve duur van de intervallen (11121123) is 12, de tijdschalen met eenheden met lengte 3 (a) en lengte 4 (b) verdelen deze reeks in gelijke delen en vallen bovendien altijd samen met een toon. (De tijdschaal met lengte 6 is direct gerelateerd aan tijdschaal 3 en wordt daarom niet getoond).

De vraag is nu welke theoretisch mogelijke mentale tijdschaal, (a) of (b), het beste gebruikt kan worden om de temporele structuur van de toonreeks te specificeren. Anders gezegd, welke metrische interpretatie geeft de meest adequate beschrijving van de toonreeks. De keuze van een schaal is niet arbitrair, de verschillende tijdschalen leveren een andere specificatie van de reeks op. In experimenten is vastgesteld dat daarmee ook de waarneming van de toonreeks verandert: het is een andere toonreeks geworden.

3.3 Klokmodel

Om uitspraken te kunnen doen over welke tijdschaal de beste mentale beschrijving oplevert, moeten regels gevonden worden die differentiëren tussen mentale tijdschalen. Regels van dien aard zijn geformuleerd in het klokmodel van Povel en Essens (1985). In dit model wordt het begrip 'interne klok' gebruikt voor mentale tijdschaal, beide begrippen verwijzen naar hetzelfde en we gebruiken beide begrippen door elkaar¹.

Het klokmodel gaat er vanuit dat

- (1) bij het beluisteren van een toonreeks de luisteraar een interne klok probeert te genereren, die vervolgens gebruikt wordt om de tijdstructuur van de toonreeks te specificeren;

¹Verschillende begrippen zijn gebruikt die in essentie overeenkomen met het begrip mentale tijdschaal: "beat" (Povel, 1981); "temporal grid" (Povel, 1984); "internal clock" (Povel & Essens, 1985). Het begrip is vergelijkbaar met het begrip beat in de muziek, ook wel pulse of tactus (Lerdahl & Jackendoff, 1981) genoemd.

- (2) het vinden van een adequate interne klok afhangt van de verdeling van de accenten die worden waargenomen in de toonreeks.

Als een bepaalde interne klok overall samenvalt met accenten in de reeks is de kans groot dat die klok ook gebruikt zal worden voor de specificatie van de reeks. Het is echter niet altijd zo dat een klok gevonden wordt die goed past bij een toonreeks. De kans dat een "goede" klok gevonden kan worden, wordt bepaald door de wijze waarop de waargenomen accenten in de reeks en een interne klok samenvallen.

Eerst zullen we aangeven waar in de toonreeks accenten worden waargenomen en vervolgens gaan we in op de berekening van de meest waarschijnlijke klok bij een reeks.

3.3.1 Waargenomen accenten

Alhoewel alle tonen in de reeksen bij dit soort experimenten identiek gemaakt zijn, is gebleken dat bij het beluisteren van die reeksen beaccentueerde en niet-beaccentueerde tonen kunnen worden onderscheiden. Accent betekent hier dat een toon op een of andere wijze voor de waarnemer meer opvalt. Deze toevoeging aan de tonen is niet subjectief, in de zin van persoon-afhankelijk, maar is een resultaat van het waarnemingsproces en wordt geïnduceerd door de afwisseling van lange en korte tijdsintervallen in de reeks. Uit onderzoek is gebleken dat bij een groepje van twee tonen (dicht in de tijd bij elkaar staand) op de tweede toon een accent wordt waargenomen (Povel & Okkerman, 1981). Ook andere onderzoekers geven aan dat accenten waargenomen worden, en wel op relatief alleenstaande tonen en de eerste en laatste toon van een groepje van drie of meer tonen (Fraisse, 1956; Vos & Van Noorden, 1982; Woodrow, 1909). Deze bevindingen worden toegepast op de reeks in diagram 8. De waargenomen accenten zijn aangeduid met '>' boven de toon).

> > > > > > > >
|.||..||||..|.||..||||

(8)

3.3.2 Beste klok

Volgens het klokmodel geeft de verdeling van de accenten in de reeks aan hoe goed er een bepaalde theoretische klok bij past. Als de waargenomen accenten allen op gelijke tijdafstand van elkaar liggen, is de klok met dezelfde tijdeenheid de best passende klok. In diagram 9 valt de klok met tijdeenheid 3 overall samen met accenten in die reeks. Anders gezegd: alle "kloktikken" vallen samen met beaccentueerde

tonen. Volgens de theorie is zo'n klok de meest adequate klok om de temporele structuur van die toonreeks te beschrijven.

In de onderstaande diagrammen is aangegeven hoe vaak de klok niet samenvalt met een beaccentueerde toon (dit noteren we met "-accent").

	klokeenheid	-accent	
> > > >			
.			(9)
i..'.i..i..i..i	3	0	

> > > >			
.!!			(10)
i..i..i..i..i	3	2	
i...i...i...i	4	0	

In diagram 10 valt de klok met tijdeenheid 3 twee keer op een niet beaccentueerde toon (-accent = 2). De klok met eenheid 4 daarentegen valt altijd samen met de waargenomen accenten in de reeks (-accent = 0). We kunnen zeggen dat de "tegenevidentie" in het eerste geval 2 was en 0 in het laatste geval. We zoeken naar de klok met de minste tegenevidentie.

Nog meer tegenevidentie wordt verondersteld op te treden als de klok niet overal met een toon samenvalt. Elke kloktik die niet samenvalt met een toon, levert extra tegenevidentie voor een klok (dit noteren we met "-toon"). In diagram 11 wordt een voorbeeld gegeven van een toonreeks met daarbij twee tijdschalen en de tegenevidentie, bestaande uit een combinatie van -accent en -toon.

	klokeenheid	-accent	-toon	
> > > >				
.!!				(11)
(a) i...i...i...i...i	4	1	1	
(b) i...i...i...i...i	4	0	2	

De tweede klok (b) in diagram 11 heeft meer tegenevidentie dan klok (a). We gaan ervan uit dat alleen klokken relevant zijn die precies passen in de lengte van de reeks en de reeks in gelijke delen verdelen.

Met behulp van de accentregels kunnen we nu berekenen welke klok theoretisch gesproken de meest geschikte is bij een bepaalde reeks.

Als we ervan uitgaan dat de beste klok bij een toonreeks de klok is met de minste tegenevidentie, dan kunnen we toonreeksen categoriseren naar de mate van tegenevidentie van de beste klok. In de diagrammen 12-15 worden een aantal combinaties van -toon en -accent gegeven voor een aantal toonreeksen. Alleen de theoretisch beste klokken bij de reeksen worden getoond.

	-accent	-toon
$\begin{array}{l} ! \\ i...i...i...i...i \end{array}$	0	0
(12)		
$\begin{array}{l} ! \\ i...i...i...i...i \end{array}$	3	0
(13)		
$\begin{array}{l} ! \\ i...i...i...i...i \end{array}$	0	1
(14)		
$\begin{array}{l} ! \\ i...i...i...i...i \end{array}$	1	1
(15)		

Samenvattend: de kans dat een bepaalde klok bij een bepaalde reeks kan worden gevonden, wordt bepaald door de hoeveelheid tegenevidentie bij die klok. Als er weinig tegenevidentie is, is de suggestie voor een bepaalde klok sterk en zullen de meeste luisteraars een interne klok genereren, waardoor de toonreeks in een metrisch kader gerepresenteerd kan worden. Als er daarentegen veel tegenevidentie is zal geen interne klok opgeroepen worden en de toonreeks zal gecodeerd moeten worden in een andere (nonmetrische) representatie.

3.3.3 Toetsing klokmodel

Wanneer de bespreking van het klokmodel begonnen met de vraag welke tijdschaal de beste mentale beschrijving oplevert. Volgens het klokmodel wordt dat bepaald door de wijze waarop de klok en de waargenomen accenten in de reeks samenvallen. Een aantal categorieën kon worden onderscheiden op grond van de hoeveelheid tegenevidentie. In een experiment werd onderzocht of deze categorisering naar tegenevidentie terug te vinden was in de kwaliteit van de reproductie. Voorspeld werd dat reeksen waarbij de beste klok weinig tegenevidentie heeft, beter gereproduceerd zullen worden dan reeksen met veel tegenevidentie (Povel & Essens, 1985).

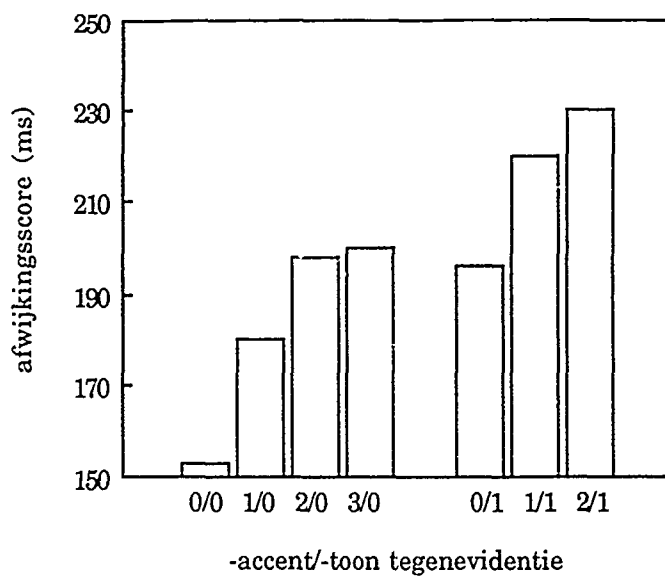


Fig. 4 Afwijkingsscores van de toonreeksen in de zeven categorieën betreffende de mate van tegenevidentie van de beste klok. De tegenevidentie wordt aangegeven met -accent/-toon.

De stimuli in dit experiment bestonden uit 35 toonreeksen verdeeld over een zevental categorieën (voorbeelden in diagram 12-15). De afwijkingsscores, de afwijkingen van de gereproduceerde intervallen ten opzichte van de stimulus, worden in Fig. 4 gegeven.

De resultaten laten een duidelijk effect zien van tegenevidentie: Hoe meer tegenevidentie des te groter is de afwijking tussen de gegeven toonreeks en de nagetikte reeks.

Als conclusie kunnen we zeggen dat

- (1) twee soorten interne representaties kunnen worden onderscheiden: een metrische en een nonmetrische. Een metrische representatie is het resultaat van het gebruik van een interne klok in de waarneming van een temporele reeks; een nonmetrische wordt op andere wijze gevormd;
- (2) hoe beter een bepaalde klok op de reeks past, des te beter is de representatie en reproductie van de temporele reeks.

4 HIËRARCHISCHE ORGANISATIE

Tot nu toe zijn we ingegaan op het verdelen van de toonreeks in gelijke eenheden met behulp van een mentale tijdschaal of klok. We gaan nu een stap verder. Verondersteld wordt dat nadat de reeks verdeeld is in gelijke tijdeenheden, deze tijdeenheden verder onderverdeeld worden in kleinere tijdeenheden. We onderscheiden dus twee (hiërarchische) niveaus in de waarneming van temporele reeksen: het niveau van de interne klok en het niveau van de onderverdeling van de klok. De intervallen kleiner dan de klokeenheid worden uitgedrukt als een onderverdeling van de klokeenheid waarin ze voorkomen. Bij de toonreeks 31211224 (relatieve duren) verdeelt de klok met eenheid 4 de reeks in vier gelijke delen /31/ /211/ /22/ /4/. De eerste klokeenheid is onderverdeeld in twee ongelijke delen, de tweede eenheid in drie ongelijke delen. De derde eenheid is in twee gelijke delen verdeeld en de vierde eenheid is niet verdeeld.

Twee vragen komen hier aan de orde:

- (1) welke onderverdelingen van de klokeenheid zijn mogelijk binnen metrisch interpreteerbare toonreeksen;
- (2) welke is de relatie tussen de verschillende onderverdelingen van de klokeenheid in de toonreeks, bv. /31/ en /22/.

Eerst bespreken we algemene modellen van hiërarchische organisatie en vervolgens bespreken we twee experimenten waarin de relaties tussen klokeenheid en haar onderverdelingen onderzocht worden.

4.1 Hiërarchische structuren

In het algemeen wordt aangenomen dat de tijdstructuur van temporele reeksen mentaal gerepresenteerd wordt in een of andere hiërarchische vorm (Cooper & Meyer, 1960; Jones, 1976; Longuet-Higgins, 1978; Longuet-Higgins & Lee, 1984; Martin, 1972; Michon, 1974; Restle & Brown, 1970). Een hiërarchische structuur wordt vaak grafisch voorgesteld als een boomstructuur. In Fig. 5a wordt een voorbeeld van zo'n structuur gegeven. De boom bevat meerdere niveaus van verschillende tijdeenheden, waarbij de lagere niveaus omvat worden door de hogere eenheden.

Het laagste niveau is N1 met als tijdeenheid het kleinste interval in een toonreeks. De hogere niveaus omvatten steeds grotere tijdeenheden. Het niveau N3 heeft betrekking op het interval tussen de beginpunten

van de groepjes van drie tonen. Niveau N5 omvat de duur van de gehele reeks en geeft het beginpunt aan van wat op deze reeks volgt. In tegenstelling tot een seriële beschrijving van de opeenvolgende intervallen in een toonreeks geeft een hiërarchische specificatie de tijdstippen aan waarop de tonen relatief ten opzichte van elkaar in de tijd optreden. Anders gezegd, het voordeel van een hiërarchische structuur is dat de temporele relaties tussen alle tonen in de reeks kunnen worden vastgelegd. De plaats in de tijd van de vierde toon in Fig. 5a wordt niet alleen bepaald door het tijdinterval van de derde toon (serieel), maar ook door het hogere orde interval beginnend bij de eerste toon (hiërarchisch). Het zoeken van een mentale tijdschaal kan gezien worden als de eerste stap in het zoeken naar de hogere orde intervallen waarmee de tijdstructuur van de reeks vastgelegd kan worden.

Er bestaan verschillende vormen van hiërarchieën. De boomstructuur in Fig. 5a is een voorbeeld van een zogenaamde binaire structuur. Hierin wordt elk hoger niveau gevormd door twee tijdeenheden van een lager niveau samen te trekken of andersom een lager niveau wordt bepaald door het hogere niveau in tweeën te splitsen. Naast de binaire vormen zijn ook andere vormen mogelijk voor de beschrijving van de verschillende maatsoorten in de muziek (Longuet-Higgins, 1978).

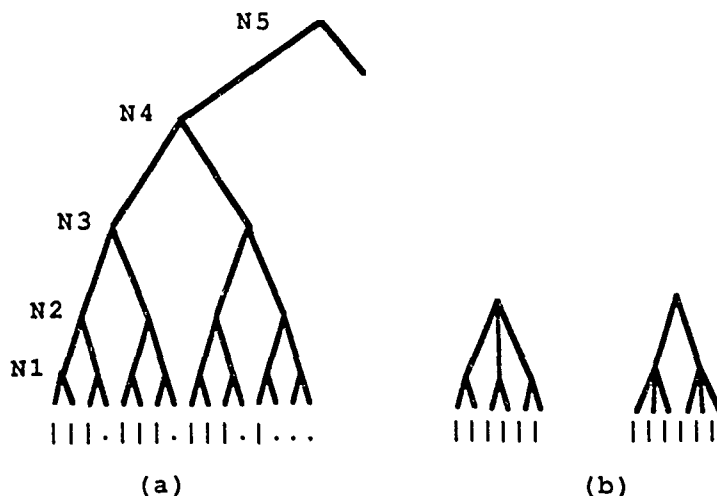


Fig. 5 (a) Hiërarchische boomstructuur met vijf niveaus. Bij N1 is de tijdeenheid gelijk aan het kleinste interval. N3 bevat de tijdeenheid tussen de beginpunten van de groepjes van drie tonen. (b) Twee voorbeelden van hiërarchische structuur voor respectievelijk $\frac{3}{4}$ en $\frac{6}{8}$ maat.

In Fig. 5b staan voorbeelden waarbij de noten op het laagste niveau op twee verschillende manieren worden samengenomen tot het hoogste niveau (respectievelijk $\frac{3}{4}$ en $\frac{6}{8}$ maat).

In de twee voorbeelden van Fig. 5b worden de temporele relaties verschillend gespecificeerd. De wijze van specificeren van de temporele relaties bepaalt de unieke interpretatie van een reeks. Het klokmodel gaat ervan uit dat een interne klok wordt gebruikt om de temporele structuur van een reeks vast te leggen. De klok kan gezien worden als één niveau in de hiërarchische structuur (klokniveau). De specificatie van de reeks begint op dat niveau en bepaalt daarmee op welke wijze de reeks wordt waargenomen. Let wel, het klokmodel geeft alleen aan welke klok de meeste kans heeft om gekozen te worden voor de temporele specificatie van de reeks. De wijze waarop de hiërarchie verder is gestructureerd is nog niet gespecificeerd. De onderverdeling van het klokniveau komt verderop aan de orde.

Indien twee verschillende klokken volgens het klokmodel mogelijk zijn bij één reeks kan die reeks ook op twee verschillende manieren geïnterpreteerd worden. In Fig. 6 wordt een voorbeeld gegeven van een reeks met twee theoretisch mogelijke specificaties. De bijbehorende klokeenheid is aangegeven onder de reeks. In Fig. 6a is een klok met eenheid 4 (niveau N3) gebruikt om de reeks te specificeren. De onderverdeling van de klokeenheid 4 is gegeven als twee keer een onderverdeling in tweeën (niveau N2 en N1). Een alternatieve onderverdeling zou kunnen zijn in vieren, waarbij niveau N1 en N2 samenvallen. Op de keuze tussen deze alternatieven komen we nog terug.

In Fig. 6b is een theoretische specificatie gegeven met klokeenheid 3 (niveau N2) als uitgangspunt. De hiërarchische structuur heeft op het niveau N1 een verdeling in drieën. Boven het klokniveau is nog een extra niveau (N3) aangegeven dat de reeks onderverdeelt in twee gelijke delen. In de grafiek met klokeenheid 3 zijn de hogere niveaus binair samengesteld. Een andere mogelijkheid is dat de vier klokeenheden direct samen komen in niveau N2.

Door met de eenheid van de klok mee te tikken met de reeks, vergelijkbaar met het tikken van de beat in de muziek, wordt die klok en daarmee een bepaalde temporele structuur gesuggereerd aan de luisteraar. Bij vergelijking van beide reeks-klok combinaties wordt negen van de tien keer niet herkend dat er sprake is van dezelfde reeks.

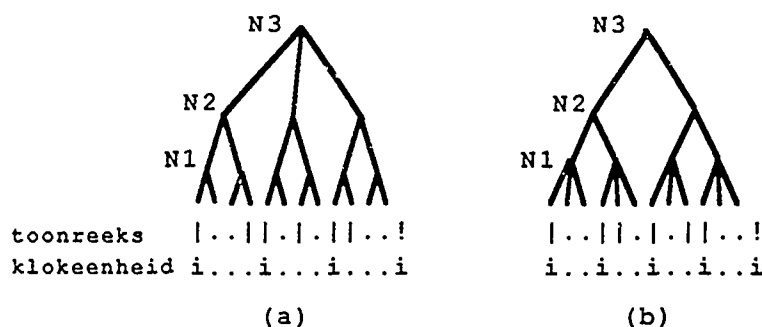


Fig. 6 Twee mogelijke interpretaties van eenzelfde toonreeks, links hiërarchie gebaseerd op klokeenheid 4 en rechts hiërarchie gebaseerd op klokeenheid 3.

Het klokmodel gaat uit van een hiërarchische organisatie in ten minste twee niveaus, het niveau van de klokeenheid en de onderverdeling van de klokeenheid. In tegenstelling tot andere modellen van de waarneming van temporele patronen (Longuet-Higgins & Lee, 1982; Martin, 1972) gaat het klokmodel ervan uit dat eerst een tijdeenheid van hogere orde wordt geselecteerd (de klokeenheid), waarna specificatie van de lagere niveaus plaats kan vinden. De wijze waarop de onderverdeling van klokkniveau naar lagere niveaus verloopt en welke onderverdelingen mogelijk zijn, wordt in het klokmodel echter niet verder aangegeven. We bespreken hier twee experimenten waarin de relaties tussen klokkniveau en onderverdelingen onderzocht zijn.

4.2 Onderverdeling klokeenheid

Zoals het klokmodel geformuleerd is, wordt de nadruk gelegd op het gebruik van een interne klok om een goede interne representatie te krijgen van de toonreeks. De vraag is nu of náást de aanwezigheid van een interne klok als voorwaarde voor een goede organisatie, ook de wijze van onderverdelen van het klokkniveau bepalend is voor een goede representatie en reproductie van een toonreeks.

Bijvoorbeeld, bij de reeks 200 700 900 900 past een theoretische klok, die de reeks verdeelt in drie eenheden bestaande uit: /200 700/ /900/ /900/. De onderverdeling van de eerste eenheid is een complexe verhouding (2:7 ofwel 1:3.5). Kan een metrische interpretatie een goede mentale voorstelling van deze onderverdeling geven?

Om een antwoord op deze vraag te geven werd de volgende hypothese geformuleerd. Indien de aanwezigheid van een interne klok voldoende is voor een accurate beschrijving van deze reeks, verwachten we dat reeksen waarvan de onderverdelingen verhoudingen bevatten met 2.5:1 en 3.5:1 (niet-gehele) verhoudingen even goed gereproduceerd kunnen worden als die met 2:1 en 3:1 (gehele) verhoudingen (zie diagram 12 en 13).

Niet-Gehele Ratio's (12)

2.5:1 /700 200/200 200 500/200 500 200/900/
 3.5:1 /500 200 200/700 200/700 200/900/

Gehele Ratio's (13)

2:1 /600 200/200 200 400/200 400 200/800/
 3:1 /400 200 200/600 200/600 200/800/

Reeksen zoals afgebeeld in diagram 12 en 13, werden gebruikt in de reproductietaak. De ratio's van de gereproduceerde intervallen worden gepresenteerd in Fig. 7. De diagonaal doorgetrokken lijn geeft perfecte reproductie aan: hoe dichter men bij deze lijn zit des te nauwkeuriger de natik-prestatie.

In de figuur is te zien dat reeksen waarvan de onderverdelingen van de theoretische klok niet-gehele ratio's vormen niet even goed worden gereproduceerd als reeksen met onderverdelingen in gehele ratio's. Zij liggen verder van de ideaallijn. De niet-gehele ratio's blijken te worden gereproduceerd als gehele ratio's; 2.5 wordt circa 2 en 3.5 wordt circa 3. De resultaten laten zien dat de wijze van onderverdelen van het klokniveau mede bepalend is voor een goede representatie en reproductie van een toonreeks. Alleen eenvoudige ratio's van de onderverdelingen (2:1, 3:1) worden adequaat gerepresenteerd.

Opmerkelijk was dat ondanks de wijzigingen bij de reproductie de som van de intervallen binnen de klokeenheid vrijwel gelijk bleef, bv. 200 700 werd gemiddeld 217 667. Deze bevinding levert directe empirische evidentie op voor de assumptie dat eerst de klokeenheid wordt geselecteerd, waarna deze onderverdeeld wordt.

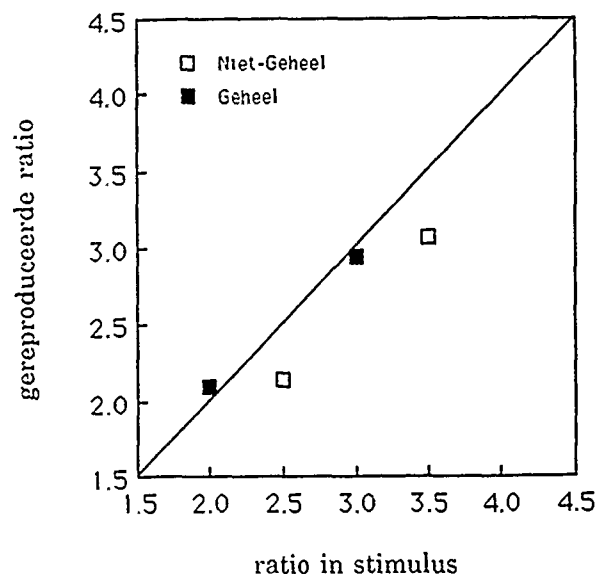


Fig. 7 Gereproduceerde intervalverhoudingen in de Niet-Geheel (2.5 en 3.5) en Geheel (2 en 3) ratioconditie. De diagonaal geeft een perfecte reproductie aan.

4.3 Relatie tussen onderverdelingen

In het vorige hebben we de ratio's van de intervallen binnen een klokeenheid besproken. Nu gaan we in op de relatie tussen de verschillende onderverdelingen in de toonreeks. Bij de reeks 600 200 800 400 200 200 800 deelt de klok de reeks op in vier eenheden: /600 200/ /800/ /400 200 200/ /800/. De eerste en derde eenheid bevatten onderverdelingen van respectievelijk /600 200/ en /400 200 200/. Gerelateerd aan de klokeenheid zijn deze intervallen, respectievelijk $\frac{3}{4}$ $\frac{1}{4}$ en $\frac{2}{4}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$ van die eenheid. Alle verhoudingen van de onderverdelingen tot de klokeenheid betreffen de 4-deling. Echter we kunnen reeksen construeren waarin we met één soort onderverdeling niet uitkomen. De reeks 300 300 600 400 200 600 met een klokeenheid van 600 bestaat uit vier eenheden met /300 300/ /600/ /400 200/ /600/. De eerste en derde eenheid bevatten onderverdelingen van respectievelijk /300 300/ en /400 200/. Gerelateerd aan de klokeenheid zijn deze intervallen, respectievelijk $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ en $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{3}$ van de klokeenheid. De relatie van de onderverdeling tot het klokinterval is verschillend in beide eenheden. In de eerste eenheid is sprake van een 2-deling, terwijl in de derde eenheid een 3-deling voorkomt.

Verschillende soorten relaties tot de klokeenheid binnen een reeks vereisen ook verschillende regels om de toonreeks te specificeren en te representeren. Deze extra regels maken de organisatie van de temporele structuur ingewikkeld en de voorspelling is dat de representatie en reproductie van zulke toonreeksen minder accuraat is.

Om empirische evidentie te verkrijgen over welke complexiteit mogelijk is binnen een hiërarchische structuur vergeleken we de reproductie van toonreeksen die verschillende verdelingen binnen een reeks bevatten met reeksen met eenzelfde verdeling.

	3-Deling	(14)
Verschillend	/500 500/1000/667 333/1000/	$(\frac{2}{3} \frac{1}{3})$
Gelijk	/333 333 333/1000/667 333/1000/	

	4-Deling	(15)
Verschillend	/500 500/1000/750 250/1000/	$(\frac{3}{4} \frac{1}{4})$
Gelijk	/250 250 250 250/1000/750 250/1000/	

	5-Deling	(16)
Verschillend	/500 500/1000/800.200/1000/	$(\frac{4}{5} \frac{1}{5})$
Gelijk	/200 200 200 200 200/1000/800.200/1000/	

In diagram 14-16 wordt van elke conditie een drietal toonreeksen gegeven die aangeboden zijn in dit experiment. De eenheden van de klok zijn gemarkeerd door schuine lijnen. De reeksen in de "Verschillend" conditie bevatten een 2-deling in de eerste eenheid en een andere onderverdeling in de derde eenheid. De reeksen in de "Gelijk" conditie bevatten onderverdelingen in de eerste en derde klokeenheid die overeenkomen. De Gelijk conditie is toegevoegd om te controleren of de onderverdelingen goed kunnen worden gereproduceerd. Afwijkingen in de Verschillend conditie zijn dan geheel te wijten aan het verschil in onderverdeling.

In Fig. 8 vinden we de gereproduceerde intervalverhoudingen in relatie tot wat is aangeboden. De diagonaal geeft aan waar een perfecte reproductie zou moeten liggen. Alleen de geproduceerde verhoudingen van de derde eenheid worden hier getoond, omdat de afwijkingen bij het natikken voornamelijk daar optreden. De resultaten laten duidelijke verschillen zien in de nauwkeurigheid van reproductie tussen de Verschillend en Gelijk conditie.

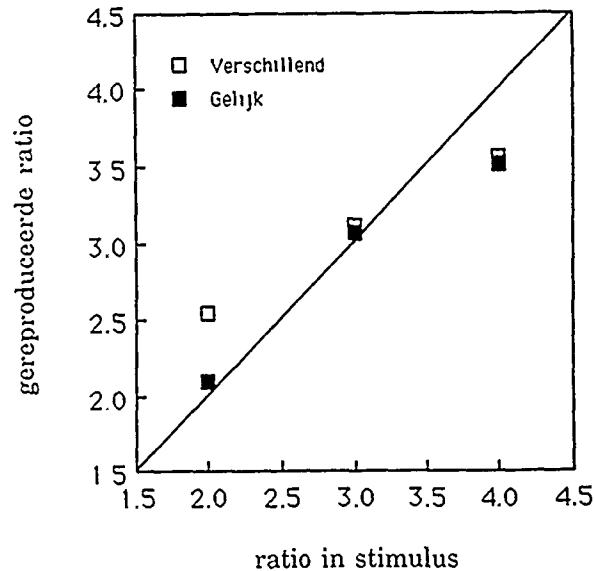


Fig. 8 Gereproduceerde intervalverhoudingen in de Verschillend en Gelijk onderverdelingsconditie voor de ratio 2:1 (3-deling), 3:1 (4-deling) en 4:1 (5-deling).

Bekijken we de resultaten per soort onderverdeling:

- (a) $(^2_3 \ ^1_3)$. De 3-deling met de intervalverhouding van 2:1 kan accuraat gereproduceerd worden in de Gelijk conditie. In de Verschillend conditie wordt de 2:1 verhouding nagetikt als 2.55:1. Dit is merkwaardig. Eerder hebben we namelijk gezien (Fig. 7) dat de afwijking in het natikken van 2.5:1 in de richting van 2:1 ging. Terwijl hier de afwijking van 2:1 in de richting van 3:1 (een 4-deling) lijkt te gaan. De structuur van de toonreeks bepaalt welke onderverdeling gemaakt kan worden. De gegevens suggereren dat die structuur al vastgelegd is in het eerste klokinterval en die onderverdeling strookt niet met de onderverdeling van het derde klokinterval. Ondanks verandering in verhouding van de gereproduceerde intervallen is de som van die intervallen gelijkgebleven. Dat wil zeggen dat het lange interval langer en het korte interval korter gemaakt is. De klokeenheid zelf is door de veranderingen niet aangetast.
- (b) $(^3_4 \ ^1_4)$. De 4-deling met intervalverhouding 3:1 wordt in de Verschillend conditie even goed nagetikt als in de Gelijk conditie. Het verschil in onderverdeling heeft hier geen effect op de nauw-

keurigheid van reproduceren. Hieruit kunnen we concluderen dat er een relatie bestaat tussen beide onderverdelingen.

- (c) (${}^4_5 \ 1_5$). De 5-deling met de verhouding 4:1 wordt in beide condities slecht gereproduceerd. Hieruit kunnen we concluderen dat toonreeksen met een 5-deling niet adequaat kunnen worden gerepresenteerd.

De gegevens suggereren dat 2- en 4-deling gerelateerde onderverdelingen zijn. De 4-deling kan worden beschreven als een hiërarchie van twee opeenvolgende 2-delingen. Wanneer een 2-deling en een 4-deling voorkomen in een toonreeks, kan een hiërarchische structuur met twee niveaus onder het klokniveau die reeks adequaat beschrijven. Eerder zijn twee mogelijke onderverdelingen van de klokeenheid 4 genoemd (zie Fig. 6a). Uit de gegevens van dit experiment kan geconcludeerd worden dat de onderverdeling van het klokniveau in twee lagere niveaus de meest waarschijnlijke is.

Beide besproken experimenten geven empirische evidentie dat toonreeksen die op metrische wijze waargenomen kunnen worden, hiërarchisch gerepresenteerd worden. De hiërarchische niveaus onder het klokniveau zijn 2 of 3 keer de eenheid van het lagere niveau. Grotere stappen, bijv. van 4 zijn herleidbaar tot twee stappen van 2.

5 SLOTBESCHOUWING

Centraal thema in dit hoofdstuk is de mentale representatie van temporele relaties. Twee kenmerken van de structurering van temporele informatie zijn naar voren gebracht. Het gebruik van een flexibele mentale tijdschaal ("klok") en het bestaan van hiërarchisch aan elkaar gerelateerde tijdniveaus. De mentale tijdschaal wordt gesuggereerd door accenten die voorkomen in de toonreeks. De mentale tijdschaal is flexibel in die zin dat bij elke reeks weer afgestemd wordt op accentmomenten in de toonreeks. De tijdschaal is star in die zin dat een eenmaal gevormde structuur niet gemakkelijk losgelaten wordt, zodat een afwijkende onderverdeling van de tijdschaal binnen een toonreeks niet nauwkeurig kan worden gereproduceerd.

Wat is nu het belang van een tijdschaal? In de eerste plaats is de tijdschaal van belang voor het organiseren van een tijdreeks in kleinere eenheden. Die organisatie wordt gebruikt voor de mentale representatie van de toonreeks. We hebben gezien dat hoe beter een tijd-

schaal een toonreeks kan beschrijven, des te beter de reeks wordt gerepresenteerd. Een ander belang van de tijdschaal is dat deze wordt gebruikt om komende accentmomenten in de tijd te voorspellen. Anticiperen op gebeurtenissen in de tijd is belangrijk voor luisteraars, maar ook voor uitvoerder en componist, omdat de aandacht op de belangrijke momenten in de informatiestroom kan worden gericht. De tijdschaal stelt de luisteraar dus niet alleen in staat om de gebeurtenissen te volgen, maar is ook een basis op grond waarvan de luisteraar kan extrapoleren vanuit de huidige context naar toekomstige informatie-momenten. Afwijkingen in de voorspelde tijdstippen roepen spanning op bij de luisteraar. Voortbouwend op het klokmodel, is empirische evidentie gevonden voor het idee dat ritmische spanning ontstaat door afwijkingen in de tijdstippen waarop de accenten verwacht worden. Zo'n afwijking suggereert aan de luisteraar dat de interne klok aangepast moet worden (Povel, 1985).

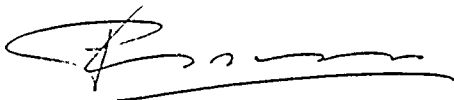
Het klokmodel is een model van de mentale organisatie van de tijdstructuur die in de toonreeks zit. De accenten die worden waargenomen in een toonreeks vormen de perceptuele basis van het klokmodel. Deze accenten zijn het gevolg van de afwisseling van korte en lange tijdsintervallen in de toonreeks. Ook bij melodieën is sprake van accenten die het gevolg zijn van kenmerken van de melodie zelf, zoals melodische contour (bijv. de eerste toon van een herhaalde dalende melodische lijn) en toonhoogteverschillen. Net als bij temporele accenten kunnen melodische accenten worden gebruikt voor de organisatie van de melodie in de tijd. Door beide dimensies af te beelden op één tijdschaal kan de combinatie van temporele en melodische accenten in een gemeenschappelijke temporele structuur bestudeerd worden. Dat onderzoek is echter nog maar pas op gang gekomen (Jones, 1987).

REFERENCES

- Cooper, G. & Meyer, L.B. (1960). The rhythmic structure of music. Chicago: University of Chicago Press.
- Essens, P.J. (1986). Hierarchical organization of temporal patterns. *Perception & Psychophysics*, 40, 69-73.
- Essens, P.J. & Povel, D.J. (1985). Metrical and nonmetrical representations of temporal patterns. *Perception & Psychophysics*, 37, 1-7.
- Fraisse, P. (1946). Contribution à l'étude du rythme en tant que forme temporelle. *Journal de psychologie normale et pathologique*, 39, 283-304.
- Fraisse, P. (1956). Les structures rythmiques. Louvain: Publications Universitaires de Louvain.
- Gabrielson, A. (1974). Performance of rhythm patterns. *Scandinavian Journal of Psychology*, 15, 63-72.
- Gabrielson, A. (1982). Perception and performance of musical rhythm. In: M. Clynes (Ed.), *Music, Mind, and Brain: The neuropsychology of music*. New York: Plenum Press.
- Jones, M.R. (1976). Time, our lost dimension: Toward a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological Review*, 83, 323-355.
- Jones, M.R. (1987). Dynamic pattern structure in music: Recent theory and research. *Perception & Psychophysics*, 41, 621-634.
- Lerdahl, F. & Jackendoff, R. (1981). On the theory of grouping and meter. *The Musical Quarterly*, 67, 479-506.
- Longuet-Higgins, H.C. (1978). The perception of music. *Interdisciplinary Science Reviews*, 3, 148-156.
- Longuet-Higgins, H.C. & Lee, C.S. (1982). The perception of musical rhythms. *Perception*, 11, 115-128.
- Longuet-Higgins, H.C. & Lee, C.S. (1984). The rhythmic interpretation of monophonic music. *Music Perception*, 1, 424-441.
- Martin, J.G. (1972). Rhythmic (hierarchical) versus serial structure in speech and other behavior. *Psychological Review*, 79, 487-509.
- Michon, J.A. (1974). Programs and "programs" for sequential patterns in motor behavior. *Brain Research*, 71, 413-424.
- Povel, D.J. (1981). Internal representation of simple temporal patterns. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 3-18.
- Povel, D.J. (1984). A theoretical framework for rhythm perception. *Psychological Research*, 45, 315-337.
- Povel, D.J. (1985). Time, rhythms and tension: In search of the determinants of rhythmicity. In: J.A. Michon & J.L. Jackson (Eds), *Time, Mind, and Behavior*. Berlin: Springer-Verlag.

- Povel, D.J. & Essens, P.J. (1985). Perception of temporal patterns. *Music Perception*, 4, 411-440.
- Povel, D.J. & Okkerman, H. (1981). Accents in equitone sequences. *Perception & Psychophysics*, 30, 565-572.
- Restle, F. & Brown, E.R. (1970). Organization of serial pattern learning. In: G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. 4. New York: Academic Press, 1970.
- Vos, P. & Van Noorden, L. (1980). Ritmische en melodische samenhang in de waarneming van toonreeksen I. *Mens en Melodie*, 35, 229-234.
- Woodrow, H. (1909). A quantitative study of rhythm: The effect of variations in intensity, rate and duration. *Archives of Psychology*, 14, 1-66.

Soesterberg, 29 juni 1990

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P.J.M.D. Essens', with a long horizontal line extending from the end of the signature.

Drs. P.J.M.D. Essens

REPORT DOCUMENTATION PAGE		
1. DEFENCE REPORT NUMBER (MOD-NL) TD 90-1613	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER IZF 1990 8-8
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 33.1	5. CONTRACT NUMBER B87-31	6. REPORT DATE June 29, 1990
7. NUMBER OF PAGES 32	8. NUMBER OF REFERENCES 23	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE Mental representation of rhythmical patterns		
11. AUTHOR(S) Drs. P.J.M.D. Essens		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Institute for Perception Kampweg 5 3769 DE SOESTERBERG		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Division of National Defence Research Koningin Marijlaan 21 2595 GA DEN HAAG		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 BYTE) The mental representation of rhythmical patterns is determined by the relations between the time intervals in the patterns. Patterns with long and short time intervals related as 2:1, are represented accurately. Patterns containing time intervals with different relations can only be represented accurately if the tone sequence is organized with a mental time scale. A good time scale is a scale that matches with accents in the tone sequence. In this report the research is discussed concerning which accent distributions evoke good time scales and which time interval ratios can be represented within those time scales.		
16. DESCRIPTORS Rhythm Music Time		IDENTIFIERS
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) -	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) -	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) -
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT Unlimited availability		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) -

VERZENDLIJST

1. Hoofddirecteur van de Hoofdgroep Defensieonderzoek TNO
2. Directie Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling Defensie
- Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
3. { Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
- 4,5. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KLu
- Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
6. { Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
7. Hoofd Afd. Militair Geneeskundig Beleid
Gdr-arts A.J. Noordhoek
8. Inspecteur Geneeskundige Dienst KL
Brig.Gen.-arts B.C. Mels
9. Inspecteur Geneeskundige Dienst KLu
Cdre J.Th. Versteeg
- 10, 11, 12. Hoofd van het Wetensch. en Techn. Doc.- en Inform.
Centrum voor de Krijgsmacht

LEDEN WAARNEMINGS CONTACT COMMISSIE

13. Maj.Ir. W.C.M. Bouwmans
14. Dr. N. Guns
15. KLTZAR D. Houtman
16. Drs. C.W. Lamberts
17. Ir. P.H. van Overbeek
18. Drs. W. Pelt
19. Maj. dierenarts H.W. Poen
20. Drs. F.H.J.I. Rameckers
21. LTZSD20C KV Drs. M.B.A.M. Scheffers
22. Prof.Ir. C. van Schooneveld
23. lKol.Drs. H.W. de Swart
24. Ir. M. Vertregt
25. Kol. vliegerarts B. Voorsluijs

.....
Extra exemplaren van dit rapport kunnen worden aan-
gevraagd door tussenkomst van de HWOs of de DWOO.
.....